

## ФИТОПЛАНКТОН И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕРА ДОЛГОЕ (ПСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2022

Дрозденко Т.В., Кек И.В.

Псковский государственный университет (г. Псков, Российская Федерация)

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований планктонной альгофлоры озера Долгое Псковской области, выполненные в летний период 2017–2020 гг. Выявлен таксономический состав фитопланктона озера, включающий 156 видовых и внутривидовых таксонов из 8 отделов: Chlorophyta, Bacillariophyta, Cyanobacteria, Charophyta, Ochrophyta, Dinophyta, Euglenophyta и Cryptophyta. Основу флористического комплекса составляли представители отделов Chlorophyta и Bacillariophyta, а также Cyanobacteria. Наибольшее сходство видового состава фитопланктонных сообществ отмечалось в 2017 и 2019 гг. (коэффициент Сьеренсена–Чекановского составил 60%), наименьшее – в 2018 и 2019 гг., а также в 2018 и 2020 гг. (39%). Максимальное количественное развитие микроводорослей отмечено в 2019 г. (32,9 млн кл./л), причем 90,7% от общей численности приходилось на цианобактерию *Merismopedia minima* G. Beck. Наименьшая численность планктонных водорослей отмечалась в 2020 г. – 1,3 млн кл./л. Общая биомасса фитопланктона была самой высокой в июле 2019 г. – 0,45 мг/л, а самой низкой в 2020 г. – 0,15 мг/л. В соответствии с индексом трофности Милиус, воды оз. Долгое являются олиготрофными. Согласно эколого-географической характеристике, в озере преобладали широко распространенные пресноводные виды фитопланктона, предпочитающие слабощелочные воды. Сапробиологический анализ показал, что воды оз. Долгое являются умеренно загрязненными и относятся к 3 классу качества. Индекс сапробности по Пантле–Букк в зависимости от года исследования изменялся 1,80 до 1,98.

**Ключевые слова:** экологический мониторинг; альгофлора; фитопланктон; таксономический состав; эколого-географический анализ; численность; биомасса; сапробность; биоиндикация; качество воды; Псковская область.

## PHYTOPLANKTON AND ECOLOGICAL STATE OF DOLGOE LAKE (PSKOV REGION)

© 2022

Drozdenko T.V., Kek I.V.

Pskov State University (Pskov, Russian Federation)

**Abstract.** The paper deals with the planktonic algal flora of Dolgoe Lake in the Pskov Region. The studies were carried out in the summers of 2017–2020. The taxonomic composition of the phytoplankton of the lake was revealed, including 156 species and intraspecific taxa from 8 phyla: Chlorophyta, Bacillariophyta, Cyanobacteria, Charophyta, Ochrophyta, Dinophyta, Euglenophyta, Cryptophyta. The basis of the floral complex was made up of representatives of the phyla Chlorophyta and Bacillariophyta, as well as Cyanobacteria. The greatest similarity in the species composition of phytoplankton communities was noted in 2017 and 2019 (the Sierensen-Chekanovsky coefficient was 60%), the lowest – in 2018 and 2019, as well as in 2018 and 2020 (39%). The maximum quantitative development of microalgae was noted in 2019 (32,9 million cells/l), with 90,7% of the total number accounted for cyanobacteria *Merismopedia minima* G. Beck. The smallest number of planktonic algae was observed in 2020 – 1,3 million cells/l. The total biomass of phytoplankton was the highest in July 2019 – 0,45 mg/l, and the lowest in 2020 – 0,15 mg/l. According to the Milius trophic index, the waters of the lake are oligotrophic. According to the ecological and geographical characteristics, widespread freshwater species of phytoplankton prevailed in the lake, preferring slightly alkaline waters. Saprobiological analysis showed that the waters of Dolgoe Lake are moderately polluted and belong to the 3<sup>rd</sup> class of quality. The saprobity index of the Pantle–Buck, depending on the year of the study, varied from 1,80 to 1,98.

**Keywords:** ecological monitoring; algal flora; phytoplankton; taxonomic composition; ecological and geographical analysis; abundance; biomass; saprobity; bioindication; water quality; Pskov Region.

### Введение

Проблема качества воды является одной из главных проблем, с которой человечество сталкивается в XXI веке [1]. Увеличение антропогенной нагрузки на окружающую среду ведет к изменениям глобального обмена потоков вещества и энергии, что выражается в ухудшении состояния водных экосистем [2–6].

О нарушении стабильности экосистемы и начальной стадии эвтрофирования водоема может свидетельствовать резкий рост численности одного из доминантов [7]. Под влиянием процессов эвтрофирования

ухудшается качество вод, поэтому возникает необходимость прогнозирования возможных изменений в водных экосистемах. Длительный мониторинг водного объекта позволяет проследить основные тенденции изменений, связанных с эвтрофированием, а также обеспечивает прогноз изменений состояния водных экосистем [8].

Фитопланктон – важнейший компонент гидросферы, являющийся продуцентом органического вещества и первым звеном пищевых цепей. Планктонные водоросли производят и выделяют в окружающую

щую среду различные химические соединения и биологически активные вещества, оказывая воздействие на формирование качества природных вод и их органолептические свойства. Водорослевые сообщества чутко реагируют на все происходящие изменения: формируются новые адаптационные механизмы, меняются продукционные характеристики сообществ и экологические предпочтения отдельных видов. Это приобретает определяющее значение для биоиндикации качества среды и задач гидроэкологического мониторинга [9–14].

Биоиндикационные методы на основе видового состава и обилия водорослей представляют интегральную оценку результатов всех процессов, протекающих в водном объекте. Преимуществом фототрофов является то, что они первыми в трофической цепи реагируют на загрязнители, не успевая их в значительной степени накапливать [15; 16].

Озеро Долгое – озеро в Псковской области, которое в настоящее время подвергается значительному антропогенному воздействию вследствие активной вырубки лесных насаждений вокруг него и угрозы возникновения почвенной эрозии. Близость населенных пунктов и туристическая доступность повлияли на механическое загрязнение водоема различным типом мусора – от органического до бытового. Сильно сказывается на водоеме рыболовный промысел с использованием сетей и моторных лодок местными жителями.

Цель настоящей работы заключалась в исследовании видового состава и количественных характеристик планктонных водорослей, а также в оценке качества воды озера Долгое по показателям фитопланктона.

#### Материалы и методы исследования

Озеро Долгое расположено в Цапельской волости Струго-Красненского района Псковской области, в 1,5 км к северо-востоку от д. Заборье. Это малое непероточное озеро с площадью 15 га и максимальной глубиной 5,1 м [17; 18].

Отбор гидробиологического материала проводился в летний период (июль) 2017–2020 гг. на пяти равномерно расположенных по акватории озера станциях (рис. 1).

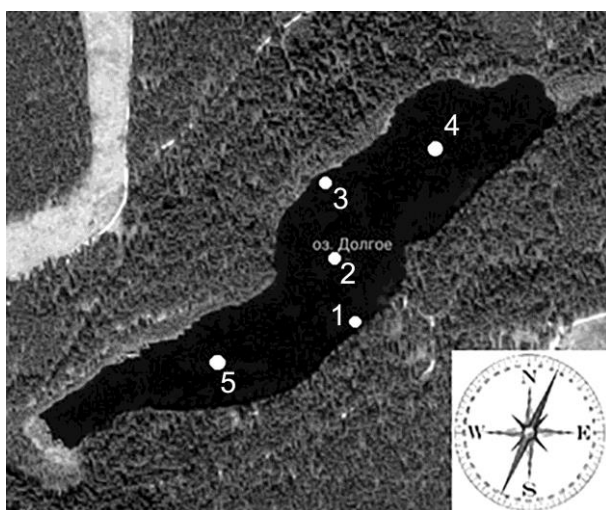


Рисунок 1 – Карта станций отбора проб фитопланктона в озере Долгое

Пробы фитопланктона отбирались пластиковыми емкостями (0,5 л) с поверхностного горизонта (0,3–0,5 м), фиксировались 40%-м формалином и концентрировались осадочным методом [19]. Организмы идентифицировались под микроскопом Carl Zeiss Axio Lab. A1. с помощью определителей, указанных в предыдущих работах [20]. При выделении отделов и уточнении видовых названий водорослей опирались на систему международного сайта AlgaeBase [21]. Анализ сходства видового богатства фитопланктона в разные годы исследования проводился с использованием индекса Сьеренсена–Чекановского [22]. Количественный учет микроводорослей велся в камере Нажотта объемом 0,05 см<sup>3</sup>. Пересчет численности клеток водорослей на литр производился по общепринятой формуле [19]. Доминантами считались виды, численность которых превышала 10% от общей численности водорослей, субдоминантами – 5%. Биомасса клеток вычислялась счетным объемно-весовым методом. Индекс сапробности рассчитывался согласно методу Пантле–Букк в модификации Сладечека [23]. Вычислялся индекс трофности Милиус [24] и по интегральной эколого-санитарной классификации качества поверхностных вод устанавливался класс чистоты воды [25]. Информацию об экологических особенностях микроводорослей брались из ряда монографий [15; 26].

Параллельно с отбором проб в озере измерялись температура водным термометром и pH воды портативным pH-метром. Максимальное значение температуры зафиксировано в июле 2018 и 2020 гг. (+21,0°C), минимальное – в июле 2017 г. (+18,0°C). pH воды в зависимости от года исследования изменялась от 7,7 до 8,3, но оставалась слабощелочной.

#### Результаты и обсуждение

За исследуемый период в озере Долгое обнаружено 156 таксонов фитопланктона рангом ниже рода из 8 отделов: Chlorophyta, Bacillariophyta, Cyanobacteria, Charophyta, Ochrophyta, Dinophyta, Euglenophyta, Cryptophyta (табл. 1).

По представленности видами доминировали отделы Chlorophyta и Bacillariophyta, включающие по 45 видовых таксонов. Зеленые водоросли включали 35 родов, большинство из которых являлось монотипическими (77,2%) и содержали всего по одному видовому таксону. На битипические роды, содержащие по 2 вида, приходилось 17,1%, политипические (3 и более видов) – 5,7%. Наибольшим числом видов представлены роды *Monoraphidium* Komarkova-Legnerova и *Oocystis* Nägeli ex A. Braun (по 3 вида). Среди диатомовых водорослей зарегистрировано 27 родов. Доля родов, представленных одним видом, составляла 59,3%, двумя – 25,9%. На политипические роды приходилось 14,8% от общего числа, из которых отмечены *Diatoma* Bory и *Gomphonema* Ehrenberg (по 3 вида), *Fragilaria* Lyngbye (4) и *Navicula* Bory (5).

Далее по насыщенности видами следовали отделы Cyanobacteria (17 видов) и Charophyta (16), содержащие 11 и 9 родов соответственно. Среди политипических родов отмечены *Aphanocapsa* C. Nägeli (3) из цианобактерий, а также *Elakatothrix* Wille (3) и *Cosmarium* Corda ex Ralfs (4) из харовых.

На указанные выше отделы в видовом отношении приходилось в совокупности 78,8% от общего числа видов фитопланктона.

Вклад остальных систематических групп в общее видовое разнообразие озера Долгое был значительно меньше и составил в общей сложности 21,2% (табл. 1).

Видовое разнообразие фитопланктона было наиболее богато в 2017 г. (94 вида) [27], наименее – в 2018 г. (48) [28]. Основу флористического комплекса во все годы исследования, кроме 2020 г., составляли представители отделов Chlorophyta (24,5–35,4%) и Bacillariophyta (21,1–40,4%). В июле 2020 г. вклад в видовое богатство кроме зеленых водорослей (32,8%) вносили цианобактерии (15,6%) (табл. 1).

Анализ флористического сходства фитопланктонных сообществ озера Долгое в 2017–2020 гг. с помощью индекса Сьеренсена–Чекановского показал (табл. 3), что наиболее близкими по видовому составу являлись сообщества микроводорослей в 2017 г. и 2020 г. (Ксч = 60%), наименее – в 2018 г. и 2019 г., а также в 2018 г. и 2020 г. (Ксч = 39%). Общими для

всех четырех исследуемых летних сезонов были 26 видовых и внутривидовых таксонов фитопланктона.

Количественный анализ фитопланктона показал значительные колебания численности и биомассы микроводорослей в зависимости от года исследования. Минимальные значения численности водорослей отмечены в 2020 г., максимальные – в 2019 г.: 1,3 млн кл./л и 32,9 млн кл./л соответственно (табл. 2).

В количественном отношении доминирующий комплекс фитопланктона в исследованный период формировали цианобактерии и зеленые водоросли (табл. 3). Во все годы, кроме 2020 г., в фитопланктоне среди доминант встречалась цианобактерия *Merismopedia minima* G. Beck, (10,8–90,7%). Из зеленых водорослей по численности превалировала *Crucigenia tetrapedia* (Kirchner) Kuntze (9,3–16,7%). В 2020 г. заметный вклад в общую численность также вносили представители Ochrophyta (*Dinobryon bavaricum* Imhof) и Charophyta (*Cosmarium* sp.).

**Таблица 1** – Таксономический состав летнего фитопланктона озера Долгое (2017–2020 гг.)

Отдел	Количество видовых таксонов фитопланктона, абс.				За весь период	
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	абс.	отн., %
Chlorophyta	23	17	32	21	45	28,8
Bacillariophyta	38	14	20	6	45	28,8
Charophyta	5	5	12	8	17	10,9
Суанобактерия	10	6	9	10	16	10,3
Ochrophyta	7	3	8	8	13	8,3
Euglenophyta	5	–	5	3	7	4,5
Dinophyta	3	3	5	4	7	4,5
Cryptophyta	3	–	4	4	6	3,8
Итого:	94	48	95	64	156	100

**Таблица 2** – Количественные показатели фитопланктона, индексы трофности и сапробности озера Долгое (2017–2020 гг.)

Регистрируемые показатели	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее
N, млн кл/л	2,8	7,9	32,9	1,3	11,23 ± 14,72
B, мг/л	0,27	0,18	0,45	0,15	0,26 ± 0,14
Индекс трофности Милиус	31,67	27,58	36,82	25,74	30,45 ± 4,92
Индекс сапробности	1,84	1,98	1,95	1,80	1,89 ± 0,09

**Таблица 3** – Доминанты и субдоминанты фитопланктона озера Долгое (2017–2020 гг.)

Отдел	Вид	Численность, тыс. кл./л		Доля от общей численности, %
		2017 г.		
Суанобактерия	<i>Aphanothece</i> sp.	569,3		20,0
Chlorophyta	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	467,6		16,7
Суанобактерия	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	360,0		12,2
Суанобактерия	<i>Merismopedia minima</i>	274,1		10,8
Суанобактерия	<i>Aphanocapsa incerta</i>	224,0		7,7
2018 г.				
Суанобактерия	<i>Merismopedia minima</i>	6228,8		64,2
Chlorophyta	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	440,0		9,3
Chlorophyta	<i>Tetrastrum triangulare</i>	422,4		8,7
2019 г.				
Суанобактерия	<i>Merismopedia minima</i>	29812,8		90,7
2020 г.				
Chlorophyta	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	201,9		13,9
Суанобактерия	<i>Microcystis</i> sp.	135,5		8,2
Ochrophyta	<i>Dinobryon bavaricum</i>	117,6		8,1
Chlorophyta	<i>Oocystis lacustris</i> Chodat	128,4		8,1
Суанобактерия	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	102,4		7,8
Charophyta	<i>Cosmarium</i> sp.	94,9		6,1

Средние показатели биомассы фитопланктона в зависимости от года исследования лежали в пределах 0,15–0,45 мг/л (табл. 2). Основной вклад в биомассу вносили крупноклеточные диатомовые водоросли.

Средний индекс трофности составил 30,45, что соответствует олиготрофному типу водоема (табл. 2).

Согласно эколого-географическому анализу в озере Долгое на долю широко распространенных форм водорослей в зависимости от года и сезона исследования приходилось 56,3–60,0%. На бореальные виды приходилось 4,2–6,3% микроводорослей. В группу планктонных водорослей входило 10,4–71,9%, планктонно-бентосных – 23,2–28,0%. Максимум донных форм микроводорослей было зарегистрировано в 2018 г. и составило 58,3%. За все время мониторинга выявлено до 6,3% обитателей обрастаний. По отношению к фактору солености индифферентные формы составляли 46,9–54,7%. На долю галофилов приходилось 6,3–12,5%, галофобов – 1,6–4,2%. По отношению к фактору кислотности среды алкалифилы и алкалибионты составляли 7,8–21,7%, индифферентные – 6,25–14,1%, ацидофилы – 1,6–6,3%. В данной группе большой процент микроводорослей данных не имел (60,8–76,6%).

Сапробиологический анализ показал, что во все годы наблюдений преобладали бета-мезосапробные виды (39,5–43,8% от числа видов с известной характеристикой). На олигосапробионтов приходилось 12,6–23,7%, бета-олиго-мезосапробные виды – 12,5–21,1%. Другие виды-индикаторы сапробности встречались в меньшем количестве. Индекс сапробности по Пантле–Букк изменялся от 1,80 в 2020 г. до 1,98 – в 2018 г. (табл. 2).

#### Заключение

Таким образом, флористический комплекс озера Долгое в целом характеризовался как хлорофитово-диатомовый. Показатели численности и биомассы фитопланктона в зависимости от года исследования варьировали от 1,3 млн кл./л до 32,9 млн кл./л и от 0,15 мг/л до 0,45 мг/л соответственно. Исходя из эколого-географической характеристики, в акватории преобладали широко распространенные пресноводные планктонные формы микроводорослей, предпочитающие слабощелочную реакцию среды. Среднее значение индекса трофности Милиус озера составил 30,45, что указывает на олиготрофный тип водоема. Среднее значение индекса сапробности по Пантле–Букк составило 1,89, что свидетельствует об умеренном загрязнении вод озера (III класс качества).

#### Список литературы:

1. Cid A., Prado R., Blanco C., Suarez-Bregua P., Hergero C. Use of microalgae as biological indicators of pollution: looking for new relevant cytotoxicity endpoints // *Microalgae: Biotechnology, Microbiology and Energy*. New York: Nova Science Publishers, 2012. P. 311–323.
2. Савенко В.С. Геохимические проблемы глобального гидрологического цикла // *Проблемы гидрологии и гидроэкологии*. 1999. Вып. 1. С. 48–72.
3. Дмитриева О.А. Исследование закономерностей пространственно-временных изменений структурных и количественных показателей фитопланктона в различных районах Балтийского моря: дис. ... канд. биол. наук. Калининград, 2017. 309 с.
4. Lund J.W.G. Eutrophication // *Proceedings of the Royal Society London B*. 1972. Vol. 180, № 1061, P. 371–382.

5. Chmielewski J., Kusztal P., Żeber-Dzikowska I. Anthropogenic impact on the environment (case study) // *Environmental Protection and Natural Resources*. 2018. Vol. 29, № 1 (75). P. 30–37. DOI: 10.2478/oszn-2018-0006.

6. Arihilar N.H., Arihilar E.C. Impact and control of anthropogenic pollution on the ecosystem – a review // *Journal of Bioscience and Biotechnology Discovery*. 2019. Vol. 4 (3). P. 54–59. DOI: 10.31248/JBBD2019.098.

7. Федоров В.Д. Особенности организации биологических систем и гипотеза «вспышки» вида в сообществе // *Вестник Московского университета. Серия 6: Биология, почвоведение*. 1970. № 2. С. 71–81.

8. Трифонова И.С., Воронцова Н.К., Макарецва Е.С., Павлова О.А., Ульянова Д.С., Чеботарев Е.Н. Влияние климатических изменений и эвтрофирования на динамику планктонных популяций мезотрофного озера. СПб.: НИИ химии СПбГУ, 2003. 125 с.

9. Кашулин Н.А., Денисов Д.Б., Валькова С.А., Вандыш О.И., Терентьев П.М. Современные тенденции изменений пресноводных экосистем Евро-Арктического региона // *Труды Кольского научного центра РАН*. 2012. Т. 1, вып. 1. С. 7–54.

10. Дрозденко Т.В., Антал Т.К. Оценка качества воды устья реки Великой по показателям фитопланктона // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство*. 2021. № 1. С. 51–60. DOI: 10.24143/2073-5529-2021-1-51-60.

11. Дрозденко Т.В. Фитопланктон как индикатор экологического состояния и качества воды экотонной акватории Южного плеса Чудско-Псковского озера // *Озера Евразии: проблемы и пути их решения: мат-лы II междунар. конф., Казань, 19–24 мая 2019 года*. Казань: АН Республики Татарстан, 2019. С. 249–254.

12. Campanella L., Cubadda F., Sannarino M.P., Saoncella A. An algal biosensor for the monitoring of water toxicity in estuarine environments // *Water Research*. 2001. Vol. 35, iss. 1. P. 69–76. DOI: 10.1016/s0043-1354(00)00223-2.

13. Abdel-Raouf N., Al-Homaidan A.A., Ibraheem I.B.M. Microalgae and wastewater treatment // *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2012. Vol. 19, iss. 3. P. 257–275. DOI: 10.1016/j.sjbs.2012.04.005.

14. Yusuf Z.H. Phytoplankton as bioindicators of water quality in Nasarawa reservoir, Katsina State Nigeria // *Acta Limnologica Brasiliensia*. 2020. Vol. 32. DOI: 10.1590/s2179-975x3319.

15. Баринаова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: PiliesStudio, 2006. 498 с.

16. Ашихмина Т.Я., Домрачева Л.И., Кондакова Л.В., Огородникова С.Ю., Кочурова Т.И., Кантор Г.Я. Биоиндикация и биотестирование природных сред как основа экологического контроля на территории зоны защитных мероприятий объекта по уничтожению химического оружия // *Российский химический журнал*. 2007. Т. 51, № 2. С. 59–63.

17. Ефимов А.Н., Фёдоров А.И. Статистическо-географический словарь Струго-Красненского района Псковской области. Псков: Экселент, 2015. 440 с.

18. Дрозденко Т.В., Федорова И.В. Таксономический состав и численность весеннего фитопланктона озера Долгое (Струго-Красненский район, Псковская область) // *Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки*. 2017. № 11. С. 21–29.

19. Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона: методическое руководство. М.: Университет и школа, 2003. 157 с.

20. Дрозденко Т.В. Фитопланктон как индикатор экологического состояния водоема (на примере озера Барское, Псковская область) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 225–231. DOI: 10.18500/1816-9775-2018-18-2-225-231.
21. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway [Internet] // <https://www.algaebase.org>.
22. Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л.: Ленингр. ун-т, 1980. 176 с.
23. Sládeček V. System of water quality from biological point of view // *Achieves für Hydrobiologie – Beiheft Ergebnisse der Limnologie*. 1973. Vol. 7, № 1. P. 1–218.
24. Теоретические вопросы классификации озер / отв. ред. Н.П. Смирнов. СПб.: Наука, 1993. 185 с.
25. Оксийук О.П., Жукинский В.Н., Брагинский Л.П. и др. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. 1993. Т. 29, № 4. С. 62–76.
26. Судницына Д.Н. Альгофлора водоемов Псковской области. Псков: ООО «Логос Плюс», 2012. 224 с.
27. Кек И.В., Дрозденко Т.В. Видовой состав и экологические особенности фитопланктона озера Долгое (Псковская область) // Понт Эвксинский – 2019: мат-лы XI всерос. науч.-практ. конф. молодых учёных по проблемам водных экосистем, посв. памяти д.б.н., проф. С.Б. Гулина, Севастополь, 23–27 сентября 2019 года. Севастополь: Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, 2019. С. 29–30.
28. Дрозденко Т.В., Кек И.В. Видовое разнообразие фитопланктонных сообществ и качество воды озера Долгое (Псковская область) // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2019. № 14. С. 14–22.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p><b>Дрозденко Татьяна Викторовна</b>, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и экологии растений, старший научный сотрудник лаборатории комплексных экологических исследований; Псковский государственный университет (г. Псков, Российская Федерация). E-mail: tboichuk@mail.ru.</p> <p><b>Кек Ирина Владимировна</b>, младший научный сотрудник лаборатории комплексных экологических исследований; Псковский государственный университет (г. Псков, Российская Федерация). E-mail: fedorovairina1996@yandex.ru.</p>	<p><b>Drozdenko Tatiana Viktorovna</b>, candidate of biological sciences, associate professor of Botany and Plant Ecology Department, senior researcher of Integrated Environmental Research Laboratory; Pskov State University (Pskov, Russian Federation). E-mail: tboichuk@mail.ru.</p> <p><b>Kek Irina Vladimirovna</b>, junior researcher of Integrated Environmental Research Laboratory; Pskov State University (Pskov, Russian Federation). E-mail: fedorovairina1996@yandex.ru.</p>

**Для цитирования:**

Дрозденко Т.В., Кек И.В. Фитопланктон и экологическое состояние озера Долгое (Псковская область) // Самарский научный вестник. 2022. Т. 11, № 1. С. 56–60. DOI: 10.55355/snv2022111106.